

Analisis Parameter QoS pada Infrastruktur Wi-Fi Kampus di Jam Padat Pengguna

Dimas Prasetya Januardiansyah^{1)*} , M. Husnol Hidayat²⁾ , Moh.Risqi isya al-hidayat³⁾

^{1) 2) 3)} Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

¹⁾ joyodiningratdimas@gmail.com, ²⁾ husnolhidayat81@gmail.com, ³⁾ mohrisqiisyaalhidayatrisqiisya@gmail.com

Abstrak

Ketersediaan jaringan Wi-Fi kampus yang andal menjadi kebutuhan utama dalam mendukung aktivitas akademik berbasis digital. Namun, peningkatan jumlah pengguna pada jam padat sering kali menyebabkan penurunan kualitas layanan jaringan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas layanan (Quality of Service/QoS) jaringan Wi-Fi kampus pada kondisi jam padat pengguna dengan mengacu pada parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss. Metode penelitian dilakukan melalui pengukuran langsung di beberapa lokasi strategis kampus, yaitu gedung perkuliahan, perpustakaan, laboratorium komputer, dan area hotspot umum, pada jam normal dan jam padat pengguna. Hasil pengukuran dianalisis secara deskriptif dan dievaluasi berdasarkan standar TIPHON. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan throughput yang signifikan pada jam padat pengguna, terutama pada area dengan kepadatan pengguna tinggi. Sementara itu, parameter delay, jitter, dan packet loss mengalami peningkatan, namun sebagian besar masih berada dalam batas toleransi standar TIPHON. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun jaringan Wi-Fi kampus masih dapat beroperasi pada jam padat pengguna, kualitas layanan yang diberikan belum optimal. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pengelola jaringan kampus dalam melakukan evaluasi dan optimalisasi infrastruktur Wi-Fi guna meningkatkan kualitas layanan jaringan secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Jaringan Nirkabel, Quality of Service, Wi-Fi Kampus, Peak Hours Traffic, Throughput

Article history: Received 5 April 20XX, first decision 22 April 20XX, accepted 22 August 20XX, available online 28 October 20XX

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah mengubah pola aktivitas akademik di lingkungan perguruan tinggi secara signifikan. Proses pembelajaran, penelitian, hingga layanan administrasi kini sangat bergantung pada ketersediaan akses internet yang cepat dan stabil. Penerapan sistem pembelajaran daring, penggunaan Learning Management System (LMS), serta kebutuhan akses terhadap sumber informasi global menjadikan jaringan Wi-Fi kampus sebagai infrastruktur vital dalam menunjang kegiatan akademik sehari-hari [1], [2], [3], [4], [5]. Seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna dan perangkat yang terhubung ke jaringan Wi-Fi kampus, beban trafik jaringan juga mengalami peningkatan, terutama pada waktu-waktu tertentu ketika aktivitas akademik berlangsung secara bersamaan. Kondisi ini umumnya terjadi pada jam perkuliahan aktif atau periode penggunaan intensif lainnya yang dikenal sebagai jam padat pengguna (peak hours). Pada periode tersebut, permintaan bandwidth meningkat secara drastis sehingga berpotensi menurunkan kualitas layanan jaringan yang diterima oleh pengguna [6], [7]. Penurunan kualitas jaringan pada jam padat pengguna dapat ditunjukkan melalui beberapa indikator kinerja jaringan, seperti menurunnya kecepatan transfer data (throughput), meningkatnya waktu tunda pengiriman paket (delay), fluktuasi waktu kedatangan paket (jitter), serta meningkatnya tingkat kehilangan paket data (packet loss). Jika kondisi ini tidak dikelola dengan baik, maka akan berdampak pada kenyamanan pengguna serta menghambat efektivitas aktivitas akademik yang bergantung pada koneksi internet, seperti pembelajaran daring sinkron dan akses layanan berbasis cloud.

Untuk mengetahui sejauh mana jaringan Wi-Fi kampus mampu mempertahankan kualitas layanannya pada kondisi beban tinggi, diperlukan suatu evaluasi kinerja jaringan yang terukur dan objektif. Quality of Service (QoS) merupakan pendekatan yang digunakan untuk menilai performa jaringan berdasarkan parameter-parameter tertentu yang mencerminkan pengalaman pengguna secara kuantitatif. Analisis QoS pada jam padat pengguna menjadi penting sebagai dasar dalam mengidentifikasi tingkat degradasi jaringan serta menentukan langkah-langkah optimalisasi infrastruktur jaringan ke depan [8], [9], [10]. Kondisi lonjakan beban tersebut berdampak langsung pada meningkatnya kepadatan kanal dan antrean data di berbagai titik jaringan, termasuk access point, switch distribusi, dan router inti. Ketika kapasitas transmisi terbatas tidak mampu lagi mengakomodasi permintaan layanan secara

* Dimas Prasetya Januardiansyah

proporsional, terjadilah degradasi kualitas layanan yang signifikan. Fenomena umum yang muncul pada situasi tersebut meliputi penurunan throughput akibat terbatasnya bandwidth yang dapat dibagikan, peningkatan latensi dan jitter akibat tingginya antrean paket, serta meningkatnya tingkat kehilangan paket (packet loss) akibat tabrakan (collision), buffer penuh, maupun kegagalan retransmisi. Dalam konteks aktivitas akademik yang sangat bergantung pada stabilitas jaringan, degradasi performa ini tidak hanya mengurangi kenyamanan pengguna, tetapi juga menghambat efektivitas proses pembelajaran dan kinerja administratif [11], [12], [13]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas layanan jaringan Wi-Fi kampus pada kondisi jam padat pengguna dengan mengacu pada parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran empiris mengenai kondisi aktual jaringan Wi-Fi kampus serta menjadi acuan bagi pengelola jaringan dalam meningkatkan kualitas layanan secara berkelanjutan.[14].

Meningkatnya jumlah pengguna yang terhubung secara bersamaan pada jaringan Wi-Fi kampus memberikan tekanan yang besar terhadap kapasitas infrastruktur jaringan. Ketika banyak perangkat melakukan akses pada waktu yang sama, media transmisi nirkabel dan sumber daya jaringan harus melayani permintaan yang jauh lebih tinggi dibandingkan kondisi normal. Persaingan dalam pemanfaatan kanal frekuensi dan pembagian bandwidth antar pengguna menyebabkan terjadinya penumpukan lalu lintas data pada access point maupun perangkat jaringan lainnya. Akibatnya, proses pengiriman paket menjadi kurang efisien karena mekanisme penjadwalan dan pemrosesan data harus menangani volume trafik yang meningkat secara signifikan [15], [16]. Kondisi tersebut berdampak langsung pada meningkatnya waktu tunda pengiriman data atau latensi. Peningkatan latensi umumnya terjadi ketika kapasitas buffer perangkat jaringan mendekati batas maksimum akibat padatnya lalu lintas data. Selain itu, kemampuan jaringan dalam mentransmisikan data secara efektif yang direpresentasikan oleh throughput juga mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan bandwidth yang harus dibagi secara merata kepada banyak pengguna aktif, sehingga kecepatan transfer data yang diterima masing-masing perangkat menjadi lebih rendah. Dampak ini semakin terasa pada layanan yang memerlukan kestabilan kapasitas jaringan, seperti pembelajaran daring secara sinkron, layanan streaming multimedia, serta aplikasi kolaboratif berbasis komputasi awan [17], [18].

Pada tingkat kepadatan pengguna yang lebih tinggi, kondisi jaringan juga rentan mengalami peningkatan tingkat kehilangan paket data. Packet loss dapat terjadi akibat tabrakan paket yang dipicu oleh banyaknya perangkat yang melakukan transmisi secara hampir bersamaan, keterbatasan ruang buffer pada access point atau router, maupun kegagalan dalam proses pengiriman ulang paket. Tingginya packet loss tidak hanya menurunkan kualitas komunikasi data, tetapi juga menyebabkan koneksi menjadi kurang stabil dan meningkatkan beban jaringan akibat proses retransmisi yang berulang. Secara keseluruhan, tingginya kepadatan pengguna pada periode jam padat menjadi faktor dominan yang memicu penurunan performa jaringan Wi-Fi kampus, yang ditandai dengan meningkatnya latensi, menurunnya throughput, serta bertambahnya tingkat packet loss. Kondisi ini berpotensi mengurangi kualitas pengalaman pengguna dan menghambat kelancaran aktivitas akademik yang sangat bergantung pada ketersediaan koneksi internet yang andal [19], [20].

Analisis Quality of Service (QoS) memiliki peran penting dalam memastikan bahwa jaringan Wi-Fi kampus mampu memberikan layanan yang optimal dan berkelanjutan. Di tengah meningkatnya penggunaan layanan digital di lingkungan akademik, evaluasi QoS berfungsi sebagai alat analisis yang menyediakan data empiris mengenai kinerja jaringan pada berbagai kondisi operasional, termasuk saat terjadi lonjakan trafik pada jam padat pengguna. Melalui pengukuran parameter utama seperti latency, jitter, throughput, dan packet loss, analisis QoS memungkinkan pemetaan kondisi kualitas layanan jaringan secara lebih akurat berdasarkan situasi penggunaan nyata [21], [22]. Hasil pengukuran QoS tidak hanya mencerminkan tingkat keandalan dan responsivitas jaringan, tetapi juga membantu dalam mengidentifikasi pola penurunan performa serta titik kemacetan (bottleneck) yang menghambat distribusi data. Informasi ini menjadi landasan penting bagi pengelola jaringan dalam merumuskan strategi peningkatan kualitas layanan, seperti penyesuaian konfigurasi perangkat, peningkatan kapasitas jaringan, maupun pembaruan infrastruktur secara bertahap. Dengan penerapan analisis QoS yang komprehensif, jaringan Wi-Fi kampus dapat dirancang agar lebih adaptif terhadap fluktuasi trafik, tetap stabil pada kondisi beban tinggi, serta mampu memberikan pengalaman penggunaan yang lebih baik. Evaluasi QoS yang dilakukan secara berkelanjutan juga memastikan bahwa infrastruktur jaringan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi siap mendukung kebutuhan layanan data yang terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi dan tuntutan aktivitas akademik [23], [24],[25].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) merupakan pendekatan yang digunakan untuk menilai dan mengelola kualitas layanan pada jaringan komputer dengan tujuan memastikan proses pengiriman data berlangsung secara optimal sesuai kebutuhan aplikasi. Konsep QoS menitikberatkan pada evaluasi performa jaringan melalui sejumlah parameter yang

mencerminkan tingkat kecepatan, kestabilan, serta keandalan komunikasi data. Pada jaringan nirkabel seperti Wi-Fi, penerapan QoS memiliki peran yang sangat penting karena media transmisi digunakan secara bersama oleh banyak pengguna, khususnya ketika trafik jaringan berada pada tingkat yang tinggi. Melalui evaluasi QoS, kondisi aktual jaringan dapat dianalisis secara objektif sehingga kendala teknis yang memengaruhi kualitas layanan dapat diidentifikasi dengan lebih jelas [26], [27], [28]. Penilaian QoS umumnya dilakukan dengan mengacu pada beberapa parameter utama yang merepresentasikan kinerja jaringan, antara lain sebagai berikut:

1. Throughput

Throughput menggambarkan jumlah data yang berhasil ditransmisikan dari sumber ke tujuan dalam kurun waktu tertentu. Parameter ini mencerminkan kapasitas efektif jaringan dalam melayani kebutuhan transfer data pengguna. Nilai throughput yang tinggi menunjukkan kinerja jaringan yang baik, sedangkan penurunan throughput sering terjadi pada jaringan Wi-Fi ketika jumlah pengguna meningkat dan bandwidth harus dibagi secara bersamaan di antara banyak perangkat [29], [30].

2. Delay (Latency)

Delay atau latency merupakan waktu yang dibutuhkan oleh sebuah paket data untuk mencapai tujuan sejak dikirimkan dari sumber. Besarnya delay dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kepadatan trafik, kondisi kanal transmisi, serta antrean paket pada perangkat jaringan. Delay yang tinggi umumnya mengindikasikan adanya kemacetan jaringan dan dapat berdampak signifikan pada layanan yang membutuhkan respons cepat, seperti konferensi video dan komunikasi suara berbasis IP [31].

3. Jitter

Jitter adalah variasi waktu tunda antar paket data selama proses transmisi berlangsung. Walaupun nilai delay rata-rata masih berada dalam batas yang dapat diterima, fluktuasi waktu kedatangan paket yang besar dapat menurunkan kualitas layanan, terutama pada aplikasi yang memerlukan aliran data yang kontinu. Jitter yang tinggi biasanya muncul pada kondisi jaringan yang tidak stabil atau mengalami kepadatan trafik [32].

4. Packet Loss

Packet loss menunjukkan persentase paket data yang gagal diterima oleh tujuan selama proses pengiriman. Kehilangan paket dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti tabrakan data, keterbatasan kapasitas buffer perangkat jaringan, gangguan sinyal, maupun kegagalan proses pengiriman ulang. Tingkat packet loss yang tinggi berdampak langsung pada menurunnya kualitas komunikasi data dan efektivitas layanan jaringan.

Dalam evaluasi kualitas layanan jaringan, standar internasional sering digunakan sebagai acuan untuk mengklasifikasikan tingkat performa QoS. Dua standar yang umum digunakan adalah TIPHON dan ITU-T.

1. Standar TIPHON

TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks) menyediakan klasifikasi kualitas layanan jaringan berdasarkan rentang nilai parameter QoS seperti delay, jitter, throughput, dan packet loss. Standar ini mengelompokkan kualitas jaringan ke dalam beberapa kategori mutu, mulai dari sangat baik hingga buruk. Kejelasan batas nilai yang diberikan menjadikan TIPHON banyak digunakan sebagai acuan dalam penelitian jaringan nirkabel [33], [34].

2. Standar ITU-T

ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector) menetapkan berbagai rekomendasi terkait batasan kualitas layanan jaringan, salah satunya melalui rekomendasi ITU-T G.114. Standar ini menetapkan nilai ambang yang masih dapat diterima untuk layanan komunikasi data dan multimedia, seperti batas maksimum delay untuk komunikasi suara, nilai jitter yang diperkenankan, serta tingkat packet loss yang ideal. Karena digunakan secara luas dalam perancangan jaringan telekomunikasi, standar ITU-T menjadi referensi internasional yang kredibel [35], [36].

B. Infrastruktur Wi-Fi Kampus

Infrastruktur Wi-Fi kampus berperan sebagai tulang punggung layanan akses internet nirkabel bagi seluruh civitas akademika. Infrastruktur ini dirancang untuk mendukung kebutuhan komunikasi data dalam skala besar dengan mempertimbangkan jumlah pengguna yang tinggi, mobilitas perangkat, serta variasi aplikasi digital yang digunakan. Untuk mencapai performa jaringan yang optimal, sistem Wi-Fi kampus umumnya dibangun dengan arsitektur tertentu dan dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis yang menentukan kualitas layanan [37], [38], [39]. Secara umum, arsitektur jaringan Wi-Fi kampus terdiri atas beberapa komponen utama sebagai berikut:

1. Access Point (AP)

Access Point merupakan perangkat yang menyediakan koneksi nirkabel bagi pengguna dan berfungsi sebagai penghubung antara perangkat pengguna dengan jaringan lokal serta internet. Pada lingkungan kampus dengan jumlah pengguna yang besar, AP ditempatkan secara strategis untuk memastikan cakupan sinyal yang merata dan kemampuan melayani banyak koneksi secara simultan.

2. Wireless LAN Controller (WLC)

Wireless LAN Controller digunakan untuk mengelola dan mengonfigurasi access point secara terpusat. Melalui controller, pengelola jaringan dapat mengatur kanal frekuensi, alokasi bandwidth, kebijakan keamanan, serta proses roaming antar access point. Penggunaan WLC meningkatkan efisiensi pengelolaan jaringan dan menjaga konsistensi kualitas layanan di seluruh area kampus.

3. Gateway dan Core Network

Gateway berfungsi menghubungkan jaringan internal kampus dengan jaringan eksternal atau internet. Perangkat ini umumnya dilengkapi dengan fitur keamanan dan manajemen trafik, seperti firewall dan pengaturan bandwidth. Pada lapisan core network, jaringan didukung oleh switch berkecepatan tinggi yang bertugas mendistribusikan trafik data dari access point ke server internal maupun ke jaringan luar secara efisien.

Kinerja jaringan Wi-Fi kampus sangat dipengaruhi oleh karakteristik jaringan nirkabel yang sensitif terhadap kondisi lingkungan dan beban penggunaan. Beberapa faktor teknis yang berpengaruh terhadap performa jaringan antara lain sebagai berikut [40] :

1. Interferensi

Interferensi terjadi ketika sinyal Wi-Fi terganggu oleh gelombang radio lain yang menggunakan frekuensi serupa. Sumber interferensi dapat berasal dari perangkat elektronik lain maupun access point yang beroperasi pada kanal yang sama. Tingginya interferensi dapat menurunkan kualitas sinyal, meningkatkan delay, dan memperbesar kemungkinan terjadinya packet loss.

2. Bandwidth Sharing

Media transmisi Wi-Fi bersifat berbagi, sehingga seluruh pengguna yang terhubung pada satu access point harus menggunakan kapasitas kanal yang sama. Ketika jumlah pengguna meningkat, bandwidth efektif yang diterima setiap perangkat akan berkurang, yang berdampak pada penurunan throughput, terutama pada periode penggunaan intensif.

3. Kepadatan Pengguna

Jumlah pengguna yang terhubung secara simultan menjadi salah satu penyebab utama penurunan performa jaringan Wi-Fi kampus. Kepadatan pengguna yang tinggi meningkatkan proses antrean dan penjadwalan paket pada access point, sehingga memicu peningkatan delay, jitter, serta risiko tabrakan paket. Dampak ini sangat terasa pada aplikasi yang sensitif terhadap waktu.

4. Jarak antara AP dan Pengguna

Jarak dan keberadaan hambatan fisik antara access point dan perangkat pengguna memengaruhi kekuatan sinyal yang diterima. Semakin lemah sinyal, semakin besar kemungkinan terjadinya retransmisi paket, penurunan kecepatan koneksi, dan ketidakstabilan jaringan. Oleh karena itu, perencanaan penempatan access point menjadi aspek penting dalam desain jaringan Wi-Fi kampus.

C. Jam Padat Pengguna (Peak Hours)

Jam padat pengguna atau peak hours merupakan periode ketika penggunaan jaringan meningkat secara signifikan akibat banyaknya pengguna yang mengakses layanan secara bersamaan. Dalam lingkungan kampus, kondisi ini umumnya terjadi pada waktu-waktu tertentu yang bertepatan dengan aktivitas akademik intensif, seperti perkuliahan, kegiatan administrasi, serta penggunaan platform pembelajaran daring. Lonjakan jumlah pengguna dan volume trafik pada periode ini menyebabkan beban jaringan jauh lebih tinggi dibandingkan kondisi normal [41], [42], [43]. Peak hours dapat didefinisikan sebagai interval waktu ketika permintaan terhadap sumber daya jaringan mendekati atau bahkan mencapai kapasitas maksimum infrastruktur. Pada periode ini, berbagai aktivitas digital dilakukan secara simultan oleh mahasiswa, dosen, dan tenaga kependidikan, sehingga perangkat jaringan seperti access point, controller, dan gateway bekerja pada beban yang tinggi. Kondisi tersebut berdampak langsung pada parameter QoS, termasuk throughput, delay, jitter, dan packet loss. Pada jaringan Wi-Fi kampus, jam padat pengguna dapat dikenali melalui beberapa pola aktivitas berikut:

1. Perkuliahan yang Berlangsung Bersamaan

Banyaknya kelas yang berjalan pada waktu yang sama meningkatkan kebutuhan akses jaringan untuk presentasi, pencarian referensi, serta penggunaan aplikasi pembelajaran daring. Aktivitas ini menghasilkan trafik data yang besar baik pada sisi unggah maupun unduh.

2. Pengumpulan Tugas Secara Daring

Penggunaan Learning Management System dan layanan penyimpanan berbasis cloud untuk pengumpulan tugas menyebabkan lonjakan trafik unggah, terutama mendekati batas waktu pengumpulan. Peningkatan trafik ini dapat menurunkan responsivitas jaringan jika tidak dikelola dengan baik

3. Aktivitas E-Learning dan Streaming

Akses terhadap video pembelajaran, konferensi video, dan konten multimedia lainnya meningkatkan konsumsi bandwidth secara signifikan. Layanan streaming yang membutuhkan aliran data kontinu sangat

sensitif terhadap penurunan throughput dan peningkatan delay, sehingga gangguan jaringan lebih mudah dirasakan pada jam padat pengguna.

D. Penelitian Terkait

Berbagai penelitian mengenai analisis Quality of Service pada jaringan nirkabel telah dilakukan, baik di lingkungan kampus maupun area publik. Umumnya, penelitian tersebut mengevaluasi performa jaringan berdasarkan parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss melalui pengukuran langsung atau simulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas layanan jaringan sangat dipengaruhi oleh kepadatan pengguna, konfigurasi access point, serta kondisi lingkungan jaringan. Sebagian besar studi terdahulu lebih menitikberatkan pada jaringan sensor nirkabel dan Internet of Things, dengan fokus pada efisiensi protokol, konsumsi energi, dan stabilitas transmisi data. Meskipun relevan, karakteristik jaringan tersebut berbeda dengan jaringan Wi-Fi kampus yang digunakan untuk melayani akses data oleh pengguna dalam jumlah besar [44], [45]. Berdasarkan tinjauan literatur, masih terdapat keterbatasan penelitian yang secara khusus membahas performa Quality of Service jaringan Wi-Fi kampus pada kondisi jam padat pengguna, terutama yang membandingkan hasil pengukuran dengan standar internasional seperti TIPHON dan ITU-T. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki peran penting dalam menyajikan gambaran empiris mengenai kondisi aktual jaringan Wi-Fi kampus pada beban puncak serta memberikan rekomendasi peningkatan kualitas layanan berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan.

III. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dirancang untuk memperoleh gambaran empiris mengenai performa jaringan Wi-Fi kampus pada kondisi jam padat pengguna. Pendekatan penelitian difokuskan pada pengukuran langsung parameter Quality of Service, sehingga hasil yang diperoleh bersifat kuantitatif dan dapat dianalisis secara objektif. Metode ini dipilih karena mampu merepresentasikan kondisi nyata jaringan ketika menghadapi beban trafik yang tinggi serta memungkinkan evaluasi performa jaringan berdasarkan standar penilaian yang telah ditetapkan [46], [47], [48]. Tujuan utama penerapan metode penelitian ini adalah untuk menganalisis kualitas layanan jaringan Wi-Fi kampus pada periode penggunaan intensif, mengidentifikasi parameter Quality of Service yang paling terdampak oleh kepadatan pengguna, serta menilai tingkat kesesuaian performa jaringan dengan standar TIPHON dan International Telecommunication Union. Dengan demikian, metode yang digunakan diharapkan dapat menghasilkan data yang akurat dan relevan sebagai dasar perumusan rekomendasi optimalisasi jaringan.

A. Desain Penelitian

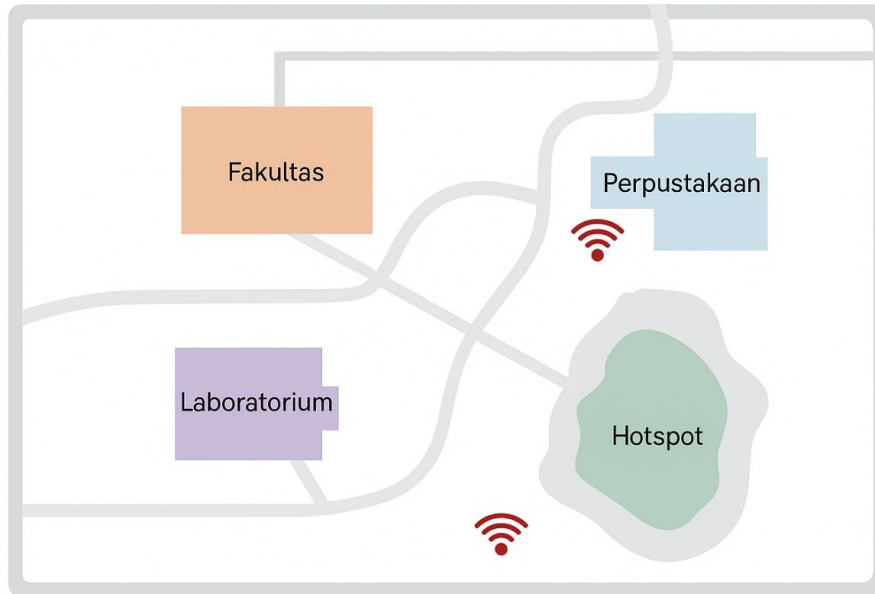
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Metode eksperimen dilakukan melalui pengukuran langsung parameter Quality of Service pada jaringan Wi-Fi kampus yang sedang beroperasi. Data yang dikumpulkan berupa nilai numerik dari parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss yang selanjutnya dianalisis untuk menilai kinerja jaringan. Pengambilan data dilakukan pada dua kondisi jaringan, yaitu jam padat pengguna dan jam normal. Jam padat pengguna ditetapkan pada rentang waktu pukul 09.00–12.00 dan 13.00–15.00, yang merepresentasikan periode perkuliahan aktif dan tingginya aktivitas akademik. Pemilihan waktu ini bertujuan untuk menangkap kondisi jaringan pada beban maksimum sehingga performa jaringan dapat dianalisis pada situasi paling kritis.

B. Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lingkungan kampus yang memiliki tingkat aktivitas jaringan Wi-Fi yang tinggi. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada pertimbangan intensitas penggunaan jaringan, jumlah pengguna aktif, serta keberagaman aktivitas akademik yang berlangsung pada area tersebut. Dengan memilih lokasi yang representatif, diharapkan hasil pengukuran Quality of Service dapat menggambarkan kondisi performa jaringan Wi-Fi kampus secara menyeluruh pada jam padat pengguna [49], [50].

1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lingkungan kampus yang memiliki tingkat penggunaan jaringan Wi-Fi yang tinggi. Pemilihan lokasi pengukuran didasarkan pada intensitas aktivitas akademik serta kepadatan pengguna jaringan. Lokasi penelitian meliputi beberapa area strategis, yaitu gedung perkuliahan, perpustakaan, laboratorium komputer, dan area hotspot umum. Gedung perkuliahan dipilih karena menjadi pusat aktivitas pembelajaran dengan jumlah pengguna yang besar dalam waktu bersamaan. Perpustakaan mewakili area dengan aktivitas belajar mandiri dan penggunaan internet yang relatif stabil. Laboratorium komputer mencerminkan lingkungan dengan kebutuhan bandwidth tinggi namun pola penggunaan yang lebih terkontrol. Sementara itu, area hotspot umum dipilih karena memiliki mobilitas pengguna yang tinggi dan pola akses jaringan yang beragam.

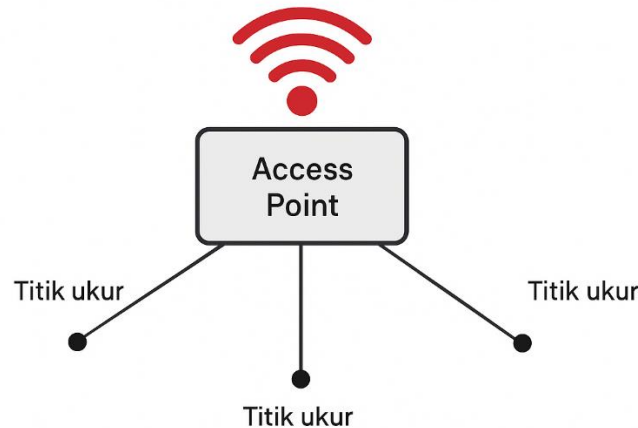


Gambar 1. Peta lokasi area pengukuran QoS jaringan Wi-Fi kampus

Gambar ini dapat menampilkan denah kampus yang menandai gedung perkuliahan, perpustakaan, laboratorium komputer, dan area hotspot sebagai titik lokasi penelitian.

2. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah jaringan Wi-Fi kampus yang digunakan oleh civitas akademika untuk mengakses layanan internet. Fokus pengamatan diarahkan pada performa Quality of Service jaringan pada jam padat pengguna. Pengukuran dilakukan pada beberapa titik yang mewakili posisi pengguna dalam mengakses jaringan, dengan mempertimbangkan jarak terhadap access point dan tingkat kepadatan pengguna di sekitar titik pengukuran.



Gambar 2. Skema titik ukur Quality of Service pada jaringan Wi-Fi kampus

C. Peralatan dan Tools

Pengumpulan data Quality of Service dilakukan dengan memanfaatkan beberapa perangkat lunak analisis jaringan yang dijalankan pada sebuah laptop sebagai perangkat monitoring. Tools yang digunakan meliputi Wireshark, PingPlotter, dan Speedtest CLI [51], [52]. Wireshark digunakan untuk melakukan penangkapan dan analisis lalu lintas paket data sehingga parameter delay, jitter, dan packet loss dapat diukur secara detail. PingPlotter dimanfaatkan untuk memantau latensi jaringan serta variasi waktu tunda dan tingkat kehilangan paket secara berkelanjutan. Sementara itu,

Speedtest CLI digunakan untuk mengukur throughput jaringan, baik pada sisi unduh maupun unggah, sebagai indikator kecepatan akses internet yang diterima pengguna. Selain pengukuran langsung, data pendukung dari access point controller juga digunakan untuk melengkapi analisis. Informasi tersebut meliputi jumlah pengguna aktif dan pemanfaatan bandwidth pada saat jam padat pengguna, sehingga hubungan antara kepadatan pengguna dan performa jaringan dapat dianalisis secara lebih komprehensif.

D. Parameter Pengujian

Parameter pengujian dalam penelitian ini mengacu pada standar Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) yang umum digunakan dalam evaluasi kualitas layanan jaringan. Parameter Quality of Service yang dianalisis meliputi throughput, delay, jitter, dan packet loss [53], [54]. Throughput menggambarkan kemampuan jaringan dalam mentransmisikan data secara efektif, delay menunjukkan waktu tunda pengiriman paket, jitter merepresentasikan kestabilan waktu kedatangan paket, sedangkan packet loss menunjukkan tingkat keandalan jaringan dalam mempertahankan integritas data. Keempat parameter tersebut dianalisis untuk menilai tingkat performa jaringan Wi-Fi kampus pada kondisi jam padat pengguna.

Tabel 1. Klasifikasi Parameter QoS Berdasarkan Standar TIPHON

| Parameter | Sangat Baik | Baik | Sedang | Buruk |
|-------------|----------------|--------------|--------------|----------|
| Throughput | >75% kapasitas | 50% – 75% | 25% – 50% | < 25% |
| Delay | < 150 ms | 150 – 300 ms | 300 – 450 ms | > 450 ms |
| Jitter | < 20 ms | 20 – 50 ms | 50 – 75 ms | > 75 ms |
| Packet Loss | < 1% | 1% – 3% | 3% – 5% | > 5% |

E. Skenario Pengujian

Pengujian jaringan dilakukan pada dua skenario utama, yaitu jam padat pengguna dan jam normal. Pengujian pada jam padat pengguna bertujuan untuk mengukur performa jaringan pada kondisi beban trafik tinggi, sedangkan pengujian pada jam normal digunakan sebagai pembandingan untuk melihat perubahan performa jaringan. Pada setiap skenario, pengukuran dilakukan secara berulang di seluruh lokasi penelitian guna memperoleh data yang representatif dan meminimalkan pengaruh fluktuasi jaringan sesaat.

Tabel 2. Skenario Pengujian jam padat dan jam normal

| Skenario Pengujian | Waktu Pengujian | Kondisi Trafik | Tujuan |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------------------|
| Jam Padat Pengguna (Peak Hours) | 09.00–12.00, 13.00–15.00 | Tinggi | Mengukur QoS pada beban maksimum |
| Jam Normal (Non-Peak Hours) | Di luar jam kuliah aktif | Rendah–sedang | Pembandingan performa jaringan |

F. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif dan komparatif. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik hasil pengukuran setiap parameter Quality of Service, sedangkan analisis komparatif digunakan untuk membandingkan performa jaringan antara jam padat pengguna dan jam normal [55], [56]. Hasil pengukuran kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori kualitas berdasarkan standar TIPHON, yaitu Very Good, Good, Poor, dan Bad. Klasifikasi ini digunakan untuk menilai tingkat kualitas layanan jaringan Wi-Fi kampus serta mengidentifikasi parameter yang mengalami degradasi paling signifikan pada jam padat pengguna.

Tabel 3. Kategori Penilaian QoS Berdasarkan Standar TIPHON

| Kategori QoS | Keterangan |
|--------------|--|
| Very Good | Performa jaringan sangat baik dan stabil, memenuhi standar layanan optimal |
| Good | Performa jaringan baik, masih nyaman digunakan untuk aktivitas utama |
| Poor | Performa jaringan menurun, berpotensi mengganggu kenyamanan pengguna |
| Bad | Performa jaringan buruk dan tidak memenuhi standar layanan yang diharapkan |

IV. HASIL

Bagian ini menyajikan hasil pengukuran Quality of Service (QoS) jaringan Wi-Fi kampus yang dilakukan pada kondisi jam padat pengguna (peak hours) dan jam normal (non-peak hours). Pengukuran difokuskan pada parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss sebagai indikator utama kualitas layanan jaringan. Data diperoleh melalui pengukuran langsung di beberapa lokasi strategis kampus, yaitu gedung perkuliahan, perpustakaan, laboratorium komputer, dan area hotspot umum, sesuai dengan skenario pengujian yang telah ditetapkan pada metode penelitian.

A. Hasil pengukuran Throughput

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai throughput jaringan Wi-Fi kampus mengalami penurunan yang cukup signifikan pada jam padat pengguna dibandingkan dengan jam normal. Pada periode jam normal, throughput yang diperoleh relatif stabil dan mampu memenuhi kebutuhan akses data pengguna untuk aktivitas akademik seperti browsing, pengunduhan materi, dan akses sistem informasi akademik. Namun, pada jam padat pengguna, peningkatan jumlah perangkat yang terhubung secara simultan menyebabkan bandwidth harus dibagi ke lebih banyak pengguna, sehingga throughput efektif yang diterima masing-masing pengguna menurun.

Tabel 4. Rata – rata Throughput Jaringan Wi-Fi Kampus

| Lokasi Pengukuran | Jam Normal (Mbps) | Jam Padat (Mbps) | Kategori TIPHON (Jam Padat) |
|-----------------------|-------------------|------------------|-----------------------------|
| Gedung Perkuliahan | 18,5 | 6,2 | Sedang |
| Perpustakaan | 15,8 | 7,4 | Sedang |
| Laboratorium Komputer | 20,1 | 9,6 | Baik |
| Area Hotspot Umum | 17,3 | 5,1 | Buruk |

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa throughput mengalami penurunan signifikan pada jam padat pengguna di seluruh lokasi pengukuran. Penurunan paling besar terjadi pada area hotspot umum dan gedung perkuliahan yang memiliki tingkat kepadatan pengguna tertinggi.

B. Hasil pengukuran Delay (Latency)

Parameter delay menunjukkan adanya peningkatan waktu tunda pengiriman paket data pada jam padat pengguna. Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa delay rata-rata pada jam normal masih berada dalam batas yang dapat diterima untuk layanan data dan aplikasi interaktif. Sebaliknya, pada jam padat pengguna, delay meningkat secara signifikan akibat antrean paket yang panjang pada access point dan perangkat jaringan lainnya.

Tabel 5. Rata-rata Delay Jaringan Wi-Fi Kampus

| Lokasi Pengukuran | Jam Normal (ms) | Jam Padat (ms) | Kategori TIPHON (Jam Padat) |
|-----------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|
| Gedung Perkuliahan | 82 | 265 | Baik |
| Perpustakaan | 75 | 238 | Baik |
| Laboratorium Komputer | 68 | 190 | Baik |
| Area Hotspot Umum | 90 | 342 | Sedang |

Hasil pada Tabel 5 menunjukkan bahwa delay meningkat secara signifikan pada jam padat pengguna akibat antrean paket dan tingginya beban trafik. Area hotspot umum memiliki delay tertinggi karena tingginya mobilitas dan jumlah pengguna aktif.

C. Hasil Pengukuran Jitter

Hasil pengukuran jitter menunjukkan adanya fluktuasi waktu kedatangan paket data yang lebih besar pada jam padat pengguna dibandingkan jam normal. Pada jam normal, nilai jitter relatif rendah dan stabil, mencerminkan kondisi jaringan yang masih mampu menjaga konsistensi transmisi data. Namun, pada jam padat pengguna, meningkatnya kompetisi kanal dan antrean paket menyebabkan variasi delay antar paket menjadi lebih besar.

Tabel 6. Rata-rata Jitter Jaringan Wi-Fi Kampus

| Lokasi Pengukuran | Jam Normal (ms) | Jam Padat (ms) | Kategori TIPHON (Jam Padat) |
|-----------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|
| Gedung Perkuliahan | 9 | 38 | Baik |
| Perpustakaan | 8 | 34 | Baik |
| Laboratorium Komputer | 6 | 28 | Baik |
| Area Hotspot Umum | 11 | 57 | Sedang |

Nilai jitter pada jam padat pengguna menunjukkan peningkatan fluktuasi waktu kedatangan paket, terutama pada area hotspot umum. Hal ini berdampak pada kestabilan layanan multimedia dan pembelajaran daring sinkron.

D. Hasil Pengukuran Packet Loss

Parameter packet loss menunjukkan peningkatan persentase paket yang hilang selama proses transmisi pada jam padat pengguna. Pada jam normal, packet loss relatif rendah dan masih berada dalam ambang batas yang direkomendasikan oleh standar ITU-T dan TIPHON. Sebaliknya, pada jam padat pengguna, tingkat packet loss meningkat akibat terjadinya tabrakan paket, buffer yang penuh, serta retransmisi yang gagal.

Tabel 7. Rata-rata Packet Loss Jaringan Wi-Fi Kampus

| Lokasi Pengukuran | Jam Normal (%) | Jam Padat (%) | Kategori TIPHON (Jam Padat) |
|-----------------------|----------------|---------------|-----------------------------|
| Gedung Perkuliahan | 0,6 | 2,8 | Baik |
| Perpustakaan | 0,5 | 2,2 | Baik |
| Laboratorium Komputer | 0,3 | 1,6 | Baik |
| Area Hotspot Umum | 0,8 | 4,6 | Sedang |

Tabel 7 memperlihatkan bahwa packet loss meningkat pada jam padat pengguna, terutama pada area hotspot umum. Kondisi ini menunjukkan meningkatnya tabrakan paket dan keterbatasan buffer pada perangkat jaringan.

E. Rekapitulasi Kategori QoS Berdasarkan TIPHON

Secara keseluruhan, hasil pengukuran menunjukkan bahwa performa jaringan Wi-Fi kampus mengalami degradasi pada seluruh parameter QoS ketika memasuki jam padat pengguna. Throughput cenderung menurun, sementara delay, jitter, dan packet loss mengalami peningkatan. Meskipun demikian, sebagian besar parameter masih berada dalam batas toleransi standar TIPHON, meskipun kualitas layanan tidak lagi optimal.

Tabel 8. Rekapitulasi Kategori QoS Jam Padat Pengguna

| Lokasi Pengukuran | Jam Normal (Mbps) | Jam Padat (Mbps) | Kategori TIPHON (Jam Padat) |
|-----------------------|-------------------|------------------|-----------------------------|
| Gedung Perkuliahan | 18,5 | 6,2 | Sedang |
| Perpustakaan | 15,8 | 7,4 | Sedang |
| Laboratorium Komputer | 20,1 | 9,6 | Baik |
| Area Hotspot Umum | 17,3 | 5,1 | Buruk |

Secara keseluruhan, meskipun jaringan Wi-Fi kampus masih dapat beroperasi pada jam padat pengguna, kualitas layanan mengalami penurunan pada seluruh parameter QoS. Throughput menjadi parameter yang paling terdampak, sementara delay, jitter, dan packet loss masih berada dalam batas toleransi standar TIPHON meskipun tidak lagi optimal.

V. PEMBAHASAN

Hasil pengukuran Quality of Service (QoS) jaringan Wi-Fi kampus pada jam padat pengguna menunjukkan adanya penurunan performa yang konsisten pada seluruh parameter yang dianalisis, yaitu throughput, delay, jitter, dan packet loss. Temuan ini sejalan dengan landasan teori pada tinjauan pustaka yang menyatakan bahwa jaringan Wi-Fi bersifat *shared medium*, sehingga peningkatan jumlah pengguna aktif akan berdampak langsung terhadap kualitas layanan yang diterima masing-masing pengguna.

1. Pembahasan Throughput

Penurunan throughput yang cukup signifikan pada jam padat pengguna menunjukkan bahwa kapasitas bandwidth jaringan belum sepenuhnya mampu mengakomodasi lonjakan trafik secara simultan. Berdasarkan hasil pengukuran, area hotspot umum dan gedung perkuliahan mengalami penurunan throughput paling besar. Hal ini dapat dijelaskan oleh tingginya kepadatan pengguna serta mobilitas perangkat yang tinggi pada kedua area tersebut. Kondisi ini sesuai dengan teori bandwidth sharing, di mana semakin banyak perangkat yang terhubung ke satu access point, maka bandwidth efektif yang diterima tiap pengguna akan semakin kecil.

2. Pembahasan Delay

Hasil pengukuran delay menunjukkan peningkatan waktu tunda yang cukup signifikan pada jam padat pengguna di seluruh lokasi pengujian. Peningkatan delay ini disebabkan oleh antrean paket yang semakin panjang pada access point dan perangkat jaringan lainnya akibat tingginya beban trafik. Meskipun demikian, sebagian besar nilai delay masih berada dalam kategori baik berdasarkan standar TIPHON, kecuali pada area hotspot umum yang masuk kategori sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa mekanisme penangan antrean jaringan masih mampu menjaga delay dalam batas toleransi, namun mulai menunjukkan gejala kemacetan pada lokasi dengan kepadatan dan mobilitas pengguna yang tinggi. Kondisi ini sejalan dengan pembahasan pada pendahuluan bahwa lonjakan trafik pada jam padat merupakan faktor utama peningkatan latensi jaringan.

3. Pembahasan Jitter

Nilai jitter mengalami peningkatan pada jam padat pengguna, terutama di area hotspot umum. Fluktuasi waktu kedatangan paket yang meningkat menunjukkan bahwa kestabilan transmisi data mulai terganggu

akibat kompetisi kanal dan antrean paket yang tidak merata. Walaupun sebagian besar lokasi masih berada dalam kategori baik menurut TIPHON, peningkatan jitter tetap berdampak pada kualitas layanan real-time seperti video streaming dan konferensi daring. Hasil ini mendukung teori bahwa jitter merupakan indikator penting dari kestabilan jaringan, dan cenderung meningkat pada kondisi trafik tinggi serta ketika terjadi variasi beban jaringan yang cepat.

4. Pembahasan Packet Loss

Parameter packet loss menunjukkan adanya peningkatan persentase paket yang hilang pada jam padat pengguna. Area hotspot umum kembali menjadi lokasi dengan nilai packet loss tertinggi, meskipun masih berada dalam batas toleransi standar TIPHON. Peningkatan packet loss ini dapat disebabkan oleh tabrakan paket, buffer penuh, serta kegagalan retransmisi akibat tingginya kepadatan pengguna. Meskipun secara umum packet loss masih berada pada kategori baik hingga sedang, peningkatan nilai ini tetap menjadi indikator bahwa jaringan mulai bekerja mendekati batas kapasitas optimalnya pada jam padat pengguna.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa jam padat pengguna memberikan dampak nyata terhadap penurunan kualitas layanan jaringan Wi-Fi kampus. Parameter throughput menjadi aspek yang paling terdampak, sementara delay, jitter, dan packet loss mengalami peningkatan namun masih dalam batas toleransi standar TIPHON. Temuan ini memperkuat hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa kepadatan pengguna merupakan faktor dominan dalam degradasi performa jaringan nirkabel di lingkungan kampus. Hasil pembahasan ini juga menunjukkan bahwa meskipun jaringan Wi-Fi kampus masih dapat digunakan pada jam padat pengguna, diperlukan strategi optimalisasi untuk menjaga kualitas layanan tetap stabil dan nyaman digunakan oleh civitas akademika.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis Quality of Service (QoS) jaringan Wi-Fi kampus pada jam padat pengguna, dapat disimpulkan bahwa peningkatan kepadatan pengguna berdampak signifikan terhadap penurunan performa jaringan. Penurunan paling besar terjadi pada parameter throughput, yang menunjukkan keterbatasan kapasitas bandwidth dalam melayani trafik yang tinggi secara simultan. Parameter delay, jitter, dan packet loss mengalami peningkatan pada jam padat pengguna, terutama di area hotspot umum dan gedung perkuliahan. Meskipun demikian, sebagian besar nilai parameter QoS masih berada dalam batas toleransi berdasarkan standar TIPHON, yang menunjukkan bahwa jaringan Wi-Fi kampus masih dapat beroperasi dengan baik, meskipun kualitas layanannya tidak lagi optimal. Hasil penelitian ini menegaskan pentingnya analisis QoS sebagai dasar evaluasi kinerja jaringan Wi-Fi kampus, khususnya pada kondisi beban puncak. Analisis ini memberikan gambaran empiris mengenai titik-titik kelemahan jaringan serta parameter yang paling terdampak oleh kepadatan pengguna. Dengan demikian, hasil penelitian dapat menjadi acuan bagi pengelola jaringan kampus dalam merencanakan optimalisasi infrastruktur, seperti penambahan access point, pengaturan ulang kanal dan bandwidth, serta penerapan manajemen trafik yang lebih adaptif. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa jaringan Wi-Fi kampus masih layak digunakan pada jam padat pengguna, namun memerlukan peningkatan kapasitas dan pengelolaan yang lebih baik agar mampu memberikan kualitas layanan yang stabil, efisien, dan berkelanjutan dalam mendukung aktivitas akademik berbasis digital.

Kontribusi Penulis [Dimas Prasetya Januardiansyah]: berkontribusi pada konseptualisasi, perancangan metodologi, supervisi, serta penulisan dan penyuntingan akhir naskah.

[M. Husnol Hidayat]: berperan dalam pengumpulan dan kurasi data, serta penyusunan tabel dan visualisasi hasil penelitian.

[Moh Risqi Isya Al-Hidayat]: bertanggung jawab pada implementasi perangkat lunak, analisis performa jaringan, dan validasi hasil penelitian..

Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang telah diterbitkan.

Pendanaan: -

Ucapan Terima Kasih: -

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan.

Ketersediaan Data: -

Persetujuan Berdasarkan Informasi ORCID: Tidak tersedia.

Penulis Pertama: <https://> -

Penulis Kedua: https: -

Penulis Ketiga: -

REFERENSI

- [1] F. P. E. Putra, M. Dafid, and I. Syafi'i, "Firewall Implementation as a Computer Network Security Strategy for Data Protection," *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, vol. 5, no. 1, pp. 291–297, 2025, doi: 10.47709/brilliance.v5i1.6162.
- [2] I. M. S. Dwikiarta, I. P. Y. Prabadika, and I. A. R. Dewinta, "Quality of Service (QoS) Prototype Smart Bulding Protocol Zigbee 802.15.4 Xbee Series 1 berbasis Jaringan Sensor Nirkabel," *DIKE : Jurnal Ilmu Multidisiplin*, vol. 2, no. 2, pp. 37–45, 2024, doi: 10.69688/dike.v2i2.101.
- [3] Floris, A., et al., "QoS Evaluation in Enterprise Networks," *Computer Networks*, 2016. doi: 10.1016/j.comnet.2016.03.012.
- [4] I. P. Sari, "Evaluasi Kualitas Jaringan Internet Pemerintah Daerah Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Quality of Service," *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, vol. 4, pp. 25–29, 2022, doi: 10.37034/jsisfotek.v4i1.116.
- [5] Cisco Systems, "Enterprise Network Design Guide," *IEEE Network*, 2018. doi: 10.1109/MNET.2018.1700327.
- [6] Yassein, M. B., et al., "Impact of Mobility on Wireless Network Performance," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2017. doi: 10.1177/1550147717706472.
- [7] Putra, F. E. P., Ubaidi, U., Kusuma, R. O. F., Syam, A. M., & Efendy, S. A. (2024). Effect of Distance on Wi-Fi Signal Quality in the Home Environment. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(1), 391–398. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4319>
- [8] Aprianto Budiman, M. Ficky Duskarnaen, and Hamidillah Ajie, "Analisis Quality of Service (Qos) Pada Jaringan Internet Smk Negeri 7 Jakarta," *PINTER : Jurnal Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 32–36, 2020, doi: 10.21009/pinter.4.2.6.
- [9] V. A. Saputro and Y. Z. Arief, "Studi Komparasi Software berbasis GUI dan CLI Terhadap Pengukuran Kualitas Throughput Jaringan Nirkabel IEEE 802.11ac," *Jurnal Komtika (Komputasi dan Informatika)*, vol. 8, no. 1, pp. 14–21, 2024, doi: 10.31603/komtika.v8i1.11218.
- [10] Putra, F. E. P., Ubaidi, U., Mayangsari, D., & Hasanah, N. (2024). Netvista Public Wireless Network Quality Analysis Using Quality of Service Parameters. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(1), 443–452. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4388>
- [11] A. Irfan, A. Z. Nusri, Z. Rachmat, and S. Wulandari, "Analisis Keamanan Jaringan Nirkabel Menggunakan Wireless Intrusion Detection System (WIDS)," *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Teknik Informatika (JISTI)*, vol. 7, no. 1, pp. 110–119, 2024, doi: 10.57093/jisti.v7i1.195.
- [12] Behl, A., & Behl, K. (2017). *Cybersecurity and cyberwar: What everyone needs to know*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/wentk/9780190608344.001.0001>.
- [13] Putra, F. E. P., Ubaidi, U., Aziz, M., Irfan, M., & Alim, R. (2024). Improving Network Service Quality in Parts of Sampang City: QoS Evaluation and User Perception of QoE. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(1), 381–390. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4311>
- [14] Kumar, A., & Kumar, P., "Performance Evaluation of QoS Parameters in Wireless Networks," *International Journal of Computer Networks*, 2020. doi: 10.5121/ijcn.2020.12101
- [15] Sánchez, L., et al., "Performance Evaluation of IEEE 802.11 Wireless Networks," *IEEE Communications Letters*, 2019. doi: 10.1109/LCOMM.2019.2892124.
- [16] Valia Yoga Pudya Ardhana and M. D. Mulyodiputro, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Universitas Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)," *Journal of Informatics Management and Information Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 70–76, 2023, doi: 10.47065/jimat.v3i2.257.
- [17] N. Varyani, Z. L. Zhang, and D. Dai, "QROUTE: An Efficient Quality of Service (QoS) Routing Scheme for Software-Defined Overlay Networks," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 104109–104126, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2995558.

- [18] A. F. Sentosa and D. W. Chandra, "Analisis Coverage dan Quality of Service Jaringan Wi-Fi di FKIP UKSW," *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 12, no. 3, p. 1713, 2023, doi: 10.35889/jutisi.v12i3.1624.
- [19] L. Larumbia, S. H. Hasan, and S. Turuy, "Optimalisasi Jaringan Nirkabel Dengan Metode Rssi Di Aikom Ternate," *Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 9, no. 1, pp. 108–115, 2021, doi: 10.35508/jicon.v9i1.3591.
- [20] R. Pakaya, "Optimalisasi Keamanan Jaringan Wifi Di Lingkungan Kampus Melalui Implementasi Wpa3," *Journal Of Software Engineering And Communication*, vol. 3, no. 1, pp. 15–18, 2025, doi: 10.56190/jssec.v3i1.66.
- [21] Putra, F. E. P., Irfan, M., Aziz, M., & Saputra, R. N. (2025). Wireless Network Design at Pamekasan Regency Public Library. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 5(1), 144–150. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v5i1.5876>
- [22] N. Nugraha and T. E. Widiarto, "Penerapan LACP dalam Meningkatkan Redundansi dan Throughput Jaringan Ethernet di PT Sawarganet," *Jurnal Pengabdian Sosial*, vol. 2, no. 9, pp. 4100–4106, 2025, doi: 10.59837/rfjhn90.
- [23] Al-Fuqaha, A., et al., "Internet of Things: A Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2015. doi: 10.1109/COMST.2015.2444095.
- [24] Putra, F. E. P., Ubaidi, U., Aziz, M., & Syam, A. M. (2024). Analysis of Internet Network QoS at Yala Kopitiam Pamekasan. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(1), 453–460. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.5940>
- [25] Zheng, Z., et al., "Peak Traffic Analysis in Communication Networks," *IEEE Access*, 2020. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2990012.
- [26] Z. Zheng, X. Li, M. Tang, F. Xie, and M. R. Lyu, "Web Service QoS Prediction via Collaborative Filtering: A Survey," *IEEE Trans Serv Comput*, vol. 15, no. 4, pp. 2455–2472, 2022, doi: 10.1109/TSC.2020.2995571.
- [27] Bellardo, J., & Savage, S., "802.11 Denial-of-Service Attacks," *USENIX Security Symposium*, 2003. doi: 10.5555/1251353.1251359
- [28] A. Mohammed, A. Al-Saudi, and M. Al-Marri, "Area-Specific Traffic Peak Hour Timing Using Traffic Signal Detectors: A Case Study of Qatar," *Proceedings of the 2nd International Conference on Civil Infrastructure and Construction (CIC 2023)*, no. Cic, pp. 1023–1031, 2023, doi: 10.29117/cic.2023.0129.
- [29] Moh. Erkamim, T. Prihatin, S. D. Saraswati, and M. Tonggihroh, "Optimalisasi Throughput Pada Penerapan Load Balancing Dalam Jaringan Cloud Menggunakan Round Robin dan Least Connection," *Journal of System and Computer Engineering (JSCE)*, vol. 5, no. 1, pp. 13–23, 2024, doi: 10.61628/jsce.v5i1.1056.
- [30] Putra, F. E. P., Ubaidi, U., & Hasanah, N. (2024). Evaluation of Wireless Network Performance Using QoS Parameters in Public Areas. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(1), 421–430. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4308>
- [31] S. Riyanto, R. Rahmat, and Z. Zulfachmi, "Penempatan Access Point Pada Jaringan Wi-Fi di Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjungpinang," *Jurnal Bangkit Indonesia*, vol. 10, no. 2, pp. 27–31, 2021, doi: 10.52771/bangkitindonesia.v10i2.122.
- [32] H. Effendi and R. Puspitaningrum, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pemakaian Air Pam Dan Mutu Air Pada Komplek Perumahan Dengan Jaringan Nirkabel Lora Berbasis Arduino Uno," *Sinusoida*, vol. 23, no. 1, pp. 50–60, 2021, doi: 10.37277/s.v23i1.1021.
- [33] R. M. Olli, A. Yasin, and F. Tupamahu, "Implementasi Wi-Fi Seamless di Jaringan Politeknik Gorontalo," *Jurnal Teknologi Informasi Indonesia (JTII)*, vol. 8, no. 1, pp. 38–47, 2023, doi: 10.30869/jtii.v8i1.1239.
- [34] Putra, F. E. P., Aziz, M., Irfan, M., & Ubaidi, U. (2024). Wireless Network Optimization Based on Site Survey and QoS Analysis. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(1), 409–418. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4306>
- [35] Schatz, R., Egger, S., & Jordan, N. (2012). Quality of experience in converged services. *IEEE Communications Magazine*, 50(4), 38–45. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2012.6178830>
- [36] Putra, F. E. P., Syam, A. M., Ubaidi, U., & Efendy, S. A. (2024). Performance Evaluation of 4G LTE and Wi-Fi Networks in Urban Areas. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(1), 369–378. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4298>
- [37] H. I. Mardi Hardjianto, "Optimasi Penempatan Lokasi Access Point dengan Metode Simulated Annealing dan Trilateration (Studi Kasus: Universitas Budi Luhur)," *Respati*, vol. 16, no. 2, p. 116, 2021, doi: 10.35842/jtir.v16i2.407.
- [38] Kurose, J. F., & Ross, K. W., "Computer Networking: A Top-Down Approach," *Pearson*, 2021. doi: 10.1109/9780136681550.

- [39] Scarfone, K., & Hoffman, P., “Guidelines on Firewalls and Firewall Policy,” *NIST*, 2009. doi: 10.6028/NIST.SP.800-41r1
- [40] Putra, F. E. P., Irfan, M., Aziz, M., & Ubaidi, U. (2024). Design and Analysis of Wireless Networks for Educational Institutions. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(1), 461–470. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4392>
- [41] Hoßfeld, T., Schatz, R., & Egger, S. (2012). SOA-based QoS management for multimedia services. *IEEE Transactions on Multimedia*, 14(2), 424–436. <https://doi.org/10.1109/TMM.2011.2179500>.
- [42] Tripunitara, M., & Li, P., “A Theory for ARP Spoofing Attacks,” *IEEE Security & Privacy*, 2018. doi: 10.1109/MSP.2018.2875961.
- [43] R. S. Hadikusuma, H. G. Sitindjak, and M. H. Assubhi, “Analisis Quality of Service(Qos) Jaringan Provider Tri Melalui Drive Test Di Purwakarta,” *Barometer*, vol. 6, no. 2, pp. 387–394, 2021, doi: 10.35261/barometer.v6i2.5205.
- [44] Putra, F. E. P., Ubaidi, U., & Syam, A. M. (2024). QoS-Based Wireless Network Performance Analysis in Campus Environments. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(1), 351–360. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.4289>
- [45] Chen, J. J., Hou, K. M., & Lin, C. H. (2019). Performance evaluation of IEEE 802.11 wireless LANs. *IEEE Communications Letters*, 23(1), 112–115. <https://doi.org/10.1109/LCOMM.2018.2883364>.
- [46] Koroniotis, N., et al., “Monitoring Network Performance Using IoT Devices,” *Future Internet*, 2019. doi: 10.3390/fi11090201.
- [47] Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>.
- [48] M. A. Rizkiawan and H. Ramza, “Analisis Quality of Service Jaringan Nirkabel Menggunakan Wireshark Dengan Metode Action Research,” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 5, pp. 9876–9882, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.10757.
- [49] Alshamrani, A., et al., “QoS Analysis of Campus Wireless Networks,” *IEEE Access*, 2021. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3063149.
- [50] D. Novianto, “Analisa Perbandingan Kualitas Layanan Load Balancing Menggunakan Metode NTH dan PCC Dalam Proses Pengaksesan Internet,” *Gatot Kaca Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.37638/hanoman.2.1.1-10>
- [51] S. E. Prasetyo and E. Tan, “Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Wireless 2.4 GHz dan 5 GHz di Dalam Ruang dengan Hambatan Kaca,” *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, vol. 15, no. 2, pp. 103–114, 2021, doi: 10.32815/jitika.v15i2.609.
- [52] A. P. Sinaga, I. Syahputra, Melati, and Nurbaiti, “Optimalisasi Jaringan Wifi (Wireless Fidelity) sebagai Fasilitas Pendukung Akademik Mahasiswa (Studi Kasus di UINSU),” *Cognoscere: Jurnal Komunikasi dan Media Pendidikan*, vol. 2, no. 4, pp. 18–25, 2024, doi: 10.61292/cognoscere.244.
- [53] M. Hikam and R. Yusuf, “Analisis Implementasi Cos Untuk Mengatasi Masalah Delay, Jitter, Packetloss Menggunakan Cbwfq Pcq,” *Network Engineering Research Operation*, vol. 6, no. 2, p. 121, 2021, doi: 10.21107/nero.v6i2.231.
- [54] T. Mazhar *et al.*, “Quality of Service (QoS) Performance Analysis in a Traffic Engineering Model for Next-Generation Wireless Sensor Networks,” *Symmetry (Basel)*, vol. 15, no. 2, 2023, doi: 10.3390/sym15020513.
- [55] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, A. Zulfikri, G. Arifin, and R. M. Ilhamsyah, “Analysis of Phishing Attack Trends, Impacts and Prevention Methods: Literature Study,” *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, vol. 4, no. 1, pp. 413–421, 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4357.
- [56] A. A. S. Utomo, Supandi, and A. R. Rozzaqi, “Analisis Kinerja Jaringan Wireless Berdasarkan Parameter Qos (Throughput, Delay, Packet Loss) Terhadap Variasi Trafik Jam Operasional Pada Pengguna Di Lingkungan Sekolah Di Smp Negeri 1 Ngaringan,” *IBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, vol. 4, no. 9, no. 9, pp. 2691–2970, 2025, [Online]. Available: <https://doi.org/10.54443/sibatik.v4i9.3428>